

DINAMIKA SPASIAL TERUMBU KARANG PADA PERAIRAN DANGKAL MENGUNAKAN CITRA LANDSAT DI PULAU LANGKAI, KEPULAUAN SPERMONDE

*(Spatial Dynamics of Coral Reefs in Shallow Water using Landsat Image
in Langkai Island, Spermonde Archipelago)*

Nurjannah Nurdin¹, Hermansyah Prasyad² dan Muh. Akbar A.S.³

¹Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin

^{2,3} Pusat Penelitian dan Pengembangan Wilayah Tata Ruang & Informasi Spasial, Universitas Hasanuddin

E-mail : nurj_din@yahoo.com

Diterima (received): 7 Oktober 2013;

Direvisi (revised): 1 November 2013;

Disetujui dipublikasikan (accepted): 21 November 2013

ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk mengevaluasi perubahan ekosistem dasar perairan dangkal secara multitemporal merupakan bagian dari informasi geospasial yang bermanfaat sebagai acuan dalam pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil di Indonesia. Kepulauan Spermonde memiliki tingkat keanekaragaman terumbu karang yang cukup tinggi. Namun dalam kurun waktu 12 tahun terakhir terjadi penurunan tingkat penutupan karang hidup dan keragaman jenisnya sebanyak 20%. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran terumbu karang pada dasar perairan dangkal dan menganalisis perubahan luasannya dalam kurun waktu 14 tahun (1997-2011) di Pulau Langkai, Kepulauan Spermonde. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat (TM dan ETM+) akuisisi 24 Oktober 1997, 4 November 2004 dan 5 September 2011 dengan kondisi pasang surut yang sama. Pengolahan citra Landsat dilakukan dengan melakukan perbaikan citra (*gap fill*) pada citra Landsat ETM+ dengan menggunakan perangkat lunak *Frame and Fill*. Algoritma yang digunakan adalah Algoritma Lyzenga yang diintegrasikan dengan hasil pengecekan lapangan (*ground truth*) untuk menghasilkan citra baru. Persentase perubahan luas tutupan karang hidup di Pulau Langkai berdasarkan citra terklasifikasi yakni dari tahun 1997 ke tahun 2004 terjadi penurunan luas sebesar 24,27% sedangkan dari tahun 2004 ke tahun 2011 terjadi peningkatan luas sebesar 14,83%.

Kata Kunci : geospasial, landsat, perbaikan citra, Algoritma Lyzenga, terumbu karang

ABSTRACT

Utilization of multitemporal remotely sensed imageries to evaluate ecosystem changes in shallow waters is a useful geospatial information to be used as a reference in coastal areas and small islands management in Indonesia. Spermonde Archipelago has a high diversity of corals, however, during the last 12 years there has been a decreasing in the coverage of living coral cover and coral diversity at about 20%. The aims of this study were mapping the distribution of coral reefs in shallow water and analyzing the changes on coral reef during 14 years (1997-2011) in Langkai Island, Spermonde Archipelago. The data used were Landsat (TM and ETM+) with acquisition dates of 24th October 1997, 4th November 2004 and 5th September 2011. Landsat image processing included image gap filling for Landsat ETM+ image using Frame and Fill software and application of Lyzenga Algorithm combined with ground truth to obtain a new image. Based on the image classification in Langkai Island from 1997 to 2004, the percentage of living coral has reduced by 24.27 %, and then increased by 14.83% during the period of 2004 to 2011.

Keyword : geospatial, landsat, gap fill, Lyzenga Algorithm, coral reef

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Ekosistem terumbu karang memiliki peranan yang sangat penting, baik dilihat dari sisi manusia maupun keanekaragaman dan keberlanjutan biota laut. Hampir sepertiga penduduk Indonesia yang tinggal di pesisir menggantungkan hidupnya pada perikanan laut dangkal.

Penurunan tingkat penutupan karang hidup masih terus berlanjut hingga saat ini, karena eksploitasi sumberdaya yang tidak berkelanjutan. Pemanfaatan yang tidak berkelanjutan akan

mengarah pada proses kelangkaan dan kerusakan sumberdaya alam. Pertambahan penduduk yang cepat dan pemanfaatan teknologi yang maju akan mempercepat usaha untuk eksplorasi dan eksploitasi sumber daya alam laut.

Kepulauan Spermonde memiliki tingkat keanekaragaman terumbu karang yang cukup tinggi. Jompa (2010) menjelaskan bahwa Kepulauan Spermonde memiliki 78 genera dan sub genera, dengan total spesies 262, dimana sekitar 80-87% terdapat di daerah terumbu terluar. Namun dalam kurun waktu 12 tahun terakhir terjadi penurunan tingkat penutupan karang hidup dan keragaman jenis sebanyak 20%.

Pulau Langkai merupakan satu dari sekitar 121 pulau di Kepulauan Spermonde (Jompa, 2010; Yusuf dan Jompa, 2012), yang memiliki paparan terumbu karang yang luas pada perairannya. Dinamika perairan yang terjadi pada perairan dangkal pulau-pulau dengan paparan terumbu yang cukup luas menyebabkan perubahan keadaan dasar laut, baik secara vertikal maupun horizontal. Sampai saat ini belum ada informasi ataupun penelitian yang mencoba menganalisis perubahan keadaan dasar perairan laut dangkal Kepulauan Spermonde khususnya di Pulau Langkai.

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk mengevaluasi perubahan ekosistem dasar perairan dangkal secara multitemporal merupakan bagian dari informasi geospasial yang bermanfaat sebagai acuan dalam pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil di Indonesia.

Tujuan

Tujuan penelitian adalah untuk memetakan sebaran tutupan dasar perairan, mengetahui dan menghitung persentase perubahan luas tutupan karang hidup di perairan dangkal Pulau Langkai Kepulauan Spermonde pada kedalaman sekitar 0-10 meter, secara multitemporal selama kurun waktu 14 tahun mulai tahun 1997 hingga tahun 2011 dengan menggunakan data penginderaan jauh citra satelit Landsat.

Daerah Penelitian

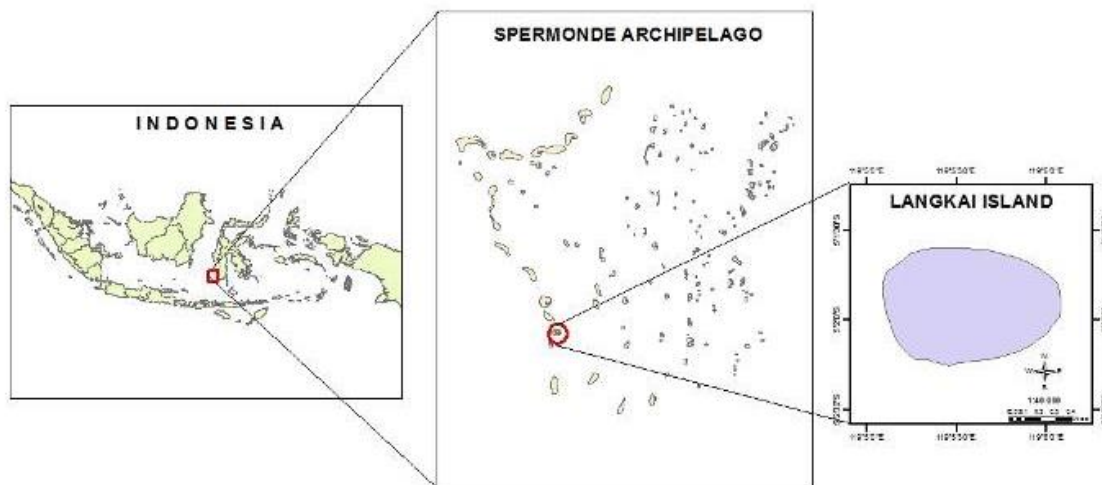
Penelitian ini dilaksanakan di Perairan Pulau Langkai, Kepulauan Spermonde, Selat Makassar seperti tersaji pada **Gambar 1**. Pengumpulan data sekunder khususnya data pasang surut, survei lapangan, pengolahan dan analisis data dilaksanakan pada tahun 2012.

METODE

Dalam pelaksanaan penelitian di lapangan, peralatan yang digunakan adalah peralatan untuk mengamati kondisi terumbu karang, antara lain: alat dasar selam dan *Self Containing Underwater Breathing Apparatus* (SCUBA), *Global Positioning Sistem* (GPS) dan *Water Quality Checker* (WQC).

Data yang digunakan terdiri dari 3 citra satelit Landsat dengan tanggal perekaman berbeda, yakni 24 Oktober 1997, 4 November 2004, dan 5 September 2011. Citra tersebut diunduh di situs *United State Geologi Survey* (USGS). Adapun beberapa informasi citra yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan yakni tahap pengolahan citra awal, tahap survei lapangan, tahap pengolahan citra lanjutan dan uji ketelitian.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Tabel 1. Spesifikasi citra Landsat yang digunakan.

Deskripsi	Akuisisi Citra		
	24 Okt. 1997	4 Nov. 2004	5 Sept. 2011
Resolusi Spasial	30 meter	30 meter	30 meter
Sensor ID	TM	ETM+	ETM+
Jam Perekaman	13:44:08	13:59:32	14:03:59
Proyeksi Peta	UTM	UTM	UTM
Zona	50	50	50
Referensi Datum	WGS84	WGS84	WGS84

Klasifikasi Tak Terbimbing

Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi citra tak terbimbing (*unsupervised classification*) dengan melibatkan saluran 1 (biru), saluran 2 (hijau) dan saluran 3 (merah). Program pengolah citra pada klasifikasi tak terbimbing secara otomatis akan mengelompokkan ke dalam kelas dengan jumlah kelas yang ditentukan (Lillesand dan Kiefer, 1999). Klasifikasi ini dimaksudkan untuk memperoleh gambaran umum tentang objek dasar perairan.

Pada pengolahan ini dilakukan klasifikasi tak terbimbing dimana pengelompokkan (*cluster*) nilai spektral langsung dilakukan oleh program pengolah citra dan pengguna hanya mencocokkan objek di lapangan dengan bantuan GPS.

Survei Lapangan

Pengamatan kondisi tutupan substrat dasar perairan pada setiap titik dilakukan dengan menggunakan teknik RRA (*Rapid Reef Assessment*). Teknik ini secara umum digunakan untuk mengetahui luasan jenis dan bentuk habitat yaitu habitat karang, pasir, pecahan karang (*rubble*), dan padang lamun (*seagrass*). Metode transek yang digunakan adalah dengan memasang transek kuadran 10 x 10 m² pada setiap titik pengamatan (*sampling*) yang telah ditentukan, kemudian menilai persentase setiap tutupan dasar perairan dengan mengacu pada kriteria Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001 (Kemen LH, 2001). Survei lapangan ini dibatasi sampai kedalaman yang disesuaikan dengan kemampuan sensor untuk merekam karakteristik dasar perairan yaitu hingga kedalaman 10 meter saja.

Kondisi terumbu karang diperoleh dari besarnya persen penutupan karang hidup yang didapat berdasarkan kriteria Menteri Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2011, yakni (1) Baik sekali (75%-100%); (2) Baik (50%-74,9%), (3) Sedang (25%-49,9%), dan (4) Buruk (0%-24,9%) (Kemen LH, 2011).

Penerapan Algoritma Lyzenga

Pada pemetaan perairan dangkal khususnya untuk melihat sebaran terumbu karang, Lyzenga (1978) telah merumuskan persamaan dengan mengembangkan pendekatan algoritma menjadi formula seperti pada **Persamaan 1**. Formula ini dapat langsung diaplikasikan pada program pengolah citra.

$$Y = \ln(TM1) + ki/kj \ln(TM2) \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

Y	=	Ekstraksi informasi dasar
TM1	=	Kanal 1
TM2	=	Kanal 2
ki/kj	=	Koefisien atenuasi

Klasifikasi Ulang

Citra yang dihasilkan dengan transformasi algoritma selanjutnya diklasifikasi ulang. Kelas yang memiliki kedekatan nilai spektral yaitu nilai spektral yang hampir sama dijadikan dalam 1 kelas, atau kelas yang berbeda tetapi memiliki objek yang sama juga dilakukan penggabungan ke dalam satu kelas. Penggabungan kelas dilakukan setelah dilakukan survei lapangan. Data dari survei lapangan dijadikan sebagai acuan dalam melakukan penggabungan kelas.

Uji Ketelitian Klasifikasi

Ketelitian klasifikasi adalah ketepatan dan keakuratan peta dalam pendeteksian dan pengidentifikasian suatu objek. Uji ketelitian ini mengikuti kaidah Short (1982) *dalam* Sutanto (1999) dengan tahapan: (i) melakukan pengecekan lapangan pada beberapa titik sampling yang dipilih dari setiap kelas berdasarkan homogenitas kenampakannya dan diuji kebenarannya di lapangan, (ii) menilai kecocokan hasil analisis citra inderaja dengan kondisi sebenarnya di lapangan, dan (iii) membuat matrik perhitungan setiap kesalahan (*confusion matrix*) pada setiap jenis tutupan dasar perairan dari hasil analisis data digital citra satelit, sehingga diketahui tingkat ketelitiannya. Hasil akurasi dari perbandingan analisis citra dengan data lapangan tersebut disajikan pada **Tabel 2**.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pulau Langkai berjarak lebih kurang 66 mil laut dari Kota Makassar. Posisi pulau ini berada 3,3 mil di selatan Pulau Lanjukung dan luasnya mencapai lebih dari 26,7 ha, dengan rata-rata terumbu yang mengelilingi seluas 142,2 ha. Pulau ini cukup padat penduduknya, dengan jumlah mencapai 430 jiwa (127 KK), berasal dari Suku Bugis (Maros, Pangkep) sebanyak 80 % dan 20 % sisanya dibagi merata dari Suku Mandar dan Suku Makassar (Takalar, Makassar, Gowa). Mata pencaharian utama penduduk Pulau Langkai adalah sebagai nelayan pancing (55 %), nelayan dengan menggunakan pukat/jaring (31 %), dan sebagai pengrajin perahu (5 %), serta sebagian kecil sebagai pedagang/kelontong, guru dan PNS (Coremap II, 2010).

Perairan timur pulau ini merupakan alur pelayaran kapal dari dan ke Pelabuhan Soekarno-Hatta Makassar, dengan kedalaman lebih besar dari 30 m, dan di beberapa tempat dijumpai kedalaman kurang dari 10 m. Pada perairan barat, dengan jarak kurang dari 2 km dari dataran terumbu, pada wilayah tertentu terdapat perubahan kedalaman yang drastis mencapai lebih dari 200 m.

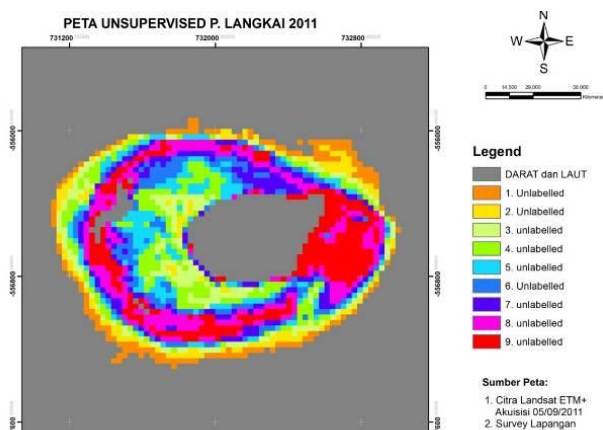
Perairan Pulau Langkai merupakan paparan terumbu (*reef flat*) yang luas ke arah selatan-barat

dan utara. Sedangkan sisi timur pulau, kedalaman perairannya lebih dalam dibanding sisi lainnya, sehingga cukup dalam bagi pertumbuhan karang. Selain itu, dengan laju sedimentasi substrat pasir dan kegiatan pelayaran lokal sehingga terumbu karang tidak berkembang (Coremap II, 2010).

Kondisi terumbu karang yang masih baik di sekitar pulau sangat terbatas, namun demikian, ikan kerapu dan napoleon mudah ditemukan di sekitar pulau ini, begitu pula dengan ikan kanek, udang mutiara, ikan cakalang, tinumbu, bambang, hiu, lamuru, kuwe, sunu, kerapu dan ikan terbang. Pulau ini dapat dijadikan sebagai salah satu obyek wisata bahari alternatif untuk melihat kehidupan sehari-hari nelayan pancing, termasuk cara pengrajin perahu membangun dan merawat perahunya (Coremap II, 2010).

Klasifikasi Tak Terbimbing

Hasil klasifikasi tidak terbimbing pada lokasi penelitian terbagi ke dalam beberapa kelas dimana setiap kelas mewakili objek perairan yang berbeda. Klasifikasi tidak terbimbing menggunakan algoritma untuk mengkaji atau menganalisis sejumlah besar piksel yang tidak dikenal dan membaginya dalam sejumlah kelas berdasarkan pengelompokan nilai digital citra. Proses pengelompokan kelas ini berdasarkan kedekatan pantulan warna (*homogeny*) atau mendekati sama pada interval tertentu (Nurdin, *et al.*, 2012a). Hasil klasifikasi tak terbimbing citra sebaran terumbu karang di kawasan Perairan Pulau Langkai terklasifikasi masing-masing menjadi 9 kelas *Unlabelled* seperti disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Peta klasifikasi tak terbimbing.

Kondisi Umum Tutupan Dasar Perairan

Pulau Langkai merupakan daerah yang didominasi oleh terumbu karang hidup (*HC/hard coral*). Pada kedalaman sekitar 2-8 meter, didominasi oleh karang karena kedalaman tersebut merupakan habitat yang baik bagi pertumbuhan karang. Penetrasi cahaya matahari sangat

menentukan kedalaman habitat terumbu karang. Hal ini dikarenakan semua karang hermatipik membutuhkan cahaya yang cukup untuk kegiatan fotosintesis (Nurdin, *et al.*, 2012b).

Hasil perhitungan persentase tutupan karang hidup dari survei lapangan di Pulau Langkai diperoleh nilai persentase tutupan karang hidup sebesar 47%. Dengan demikian menurut kriteria penilaian Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001 kondisi karang hidup di wilayah Pulau Langkai termasuk dalam kategori sedang (25%-49,9%). Dari hasil pengecekan lapangan, tutupan karang hidup berada pada kelas *Unlabelled1* dan *Unlabelled2* pada citra klasifikasi tak terbimbing.

Kelas *Unlabelled6* dan *Unlabelled7* merupakan daerah yang pada umumnya didominasi oleh pecahan karang (*rubble*). Pada daerah ini tutupan dasar substrat *rubble* memiliki bentuk pecahan karang yang berasal dari karang mati. Kelas *Unlabelled8* merupakan daerah yang didominasi oleh tutupan dasar berupa komponen karang mati (*Dead Coral* dan *Dead Coral Algae*). Ketiga kelas ini berada pada kedalaman sekitar 2-2,5 meter.

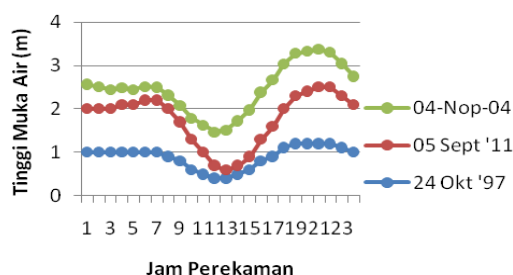
Selanjutnya, dari hasil pengecekan di lapangan untuk kelas *Unlabelled4* dan *Unlabelled5* merupakan daerah yang didominasi oleh Lamun. Sementara itu kelas *Unlabelled3* dan *Unlabelled9* merupakan daerah yang didominasi oleh tutupan pasir. Keberadaan tutupan lamun dan pasir yang dominan pada daerah ini disebabkan karena daerah-daerah ini berada pada daerah perairan dangkal dengan rentang kedalaman berkisar 0-1,5 meter. Daerah dangkal dan jernih merupakan salah satu syarat agar lamun dapat berkembang dengan baik. Sebagai tumbuhan berbunga yang menyesuaikan diri untuk hidup terbenam di laut, lamun tumbuh subur terutama di daerah terbuka pasang surut dan perairan pantai atau goba yang dasarnya berupa lumpur, pasir, kerikil, dan patahan karang mati. Padang lamun hidup dengan baik di dasar laut yang masih tembus cahaya matahari yang cukup untuk pertumbuhannya (Nurdin, *et al.*, 2012a).

Pasang Surut

Pasang surut merupakan proses naik turunnya muka air laut yang hampir teratur dibangkitkan oleh gaya tarik bulan dan matahari (harian). **Gambar 3** menunjukkan grafik pasang surut perairan Makassar yang diperoleh dari stasiun BMKG Wilayah IV Makassar dan dikeluarkan oleh Dishidros. Grafik tersebut memperlihatkan kurva pasang surut yang diambil sesuai dengan tanggal penyiaran citra. Penyiaran citra Tahun 1997 dilakukan pada pukul 13.44, citra Tahun 2004 pada pukul 13.59 dan citra Tahun 2011 pada pukul 14.03 waktu setempat. Pada grafik antara pukul 13.00–14.00 yang merupakan rentang waktu dimana satelit

melakukan penyiaman pada kedua citra, terlihat kondisi perairan pada tanggal 4 November 2004 berada pada ketinggian pasang 1 m, sedangkan pada tanggal 24 Oktober 1997 dan 5 September 2011, tinggi muka air berada di bawah ketinggian 1 m. Dengan demikian, grafik tersebut menunjukkan bahwa tinggi muka air laut pada saat penyiaman citra adalah berbeda.

Pasang surut merupakan salah satu paramater yang mempengaruhi keadaan muka air, dan akan berpengaruh terhadap kondisi kedalaman perairan. Kondisi kedalaman yang berbeda akan mempengaruhi hasil interpretasi citra, karena citra hanya mampu menembus kolom air dengan kedalaman maksimal hingga 10 m.



Gambar 3. Grafik perbedaan tinggi muka air perairan Makassar pada saat penyiaman citra.

Klasifikasi Ulang

Data hasil survei lapangan pada setiap titik sampling selanjutnya dijadikan acuan dalam proses klasifikasi ulang (reklasifikasi), dimana setelah disesuaikan dengan data hasil survei lapangan, dihasilkan 5 kelas dominan tutupan dasar perairan yaitu: Karang Hidup, Karang Mati, Pecahan Karang, Pasir dan Lamun.

Dasar penggabungan kelas mengacu pada hasil survei lapangan, dimana kelas yang berbeda tetapi memiliki objek tutupan dasar yang sama digabungkan ke dalam satu kelas. Dari 38 titik sampling Pulau Langkai menghasilkan beberapa kelas dengan objek tutupan dasar yang sama, sehingga pada kelas-kelas ini dilakukan *reklasifikasi*.

Uji Ketelitian Klasifikasi Citra

Hasil uji ketelitian klasifikasi pada citra di Pulau Langkai diperoleh ketelitian hasil interpretasi sebesar 81 % seperti tersaji pada **Tabel 3**. Persentase ketelitian ini diperoleh dari hasil perhitungan perbandingan nilai interpretasi pada citra dengan nilai hasil survei lapangan.

Hasil interpretasi dikatakan baik apabila mempunyai ketelitian 80 % (Lillesand dan Kiefer, 1999). Dengan demikian hasil uji ketelitian interpretasi yang diperoleh untuk Pulau Langkai dianggap baik.

Perbedaan yang diperoleh antara hasil interpretasi citra dengan kenyataan di lapangan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi objek perairan pada saat perekaman citra dan kesalahan pengambilan data di lapangan. Pada saat perekaman citra beberapa objek yang berbeda pada dasar perairan pada keadaan tertentu kemungkinan memiliki reflektansi spektral yang mirip sehingga hasil kenampakan pada citra terlihat sama. Faktor lain adalah kesalahan pengamat saat pengambilan data di lapangan (*human error*). Pada survei lapangan, kondisi perairan yang tidak tenang dan berombak menyulitkan dalam mendatangi titik sampling yang tepat.

Perubahan Luas Tutupan Karang P. Langkai

Berdasarkan kisaran nilai yang dihasilkan dari penerapan algoritma pada citra Tahun 1997, 2004 dan 2011 berdasarkan pengamatan di lapangan, maka dihasilkan lima kelas dominan tutupan dasar perairan. Kelas-kelas tersebut yaitu: (1) Karang Hidup, (2) Karang Mati, (3) Pecahan Karang, (4) Pasir, dan (5) Lamun seperti disajikan pada **Gambar 4**.

Perhitungan luasan pada citra terklasifikasi Pulau Langkai Tahun 2011 menghasilkan luas kelas Karang Hidup sebesar 269.100 m², kelas Karang Mati sebesar 212.400 m², kelas Pecahan Karang seluas 331.200 m², kelas Pasir seluas 305.100 m² dan kelas Lamun seluas 504.900 m². Hasil perhitungan luasan komponen tutupan dasar perairan Pulau Langkai pada Tahun 1997, 2004 dan 2011 tersaji pada **Tabel 4**.

Perubahan persentase tutupan karang hidup di Pulau Langkai yang diperoleh berdasarkan klasifikasi citra dari luas seluruh tutupan dasar perairan dangkal adalah Tahun 1997 sebesar 22,6%, Tahun 2004 sebesar 18,2 % dan Tahun 2011 sebesar 16,6 %. Sementara luas tutupan karang mati adalah Tahun 1997 sebesar 8,2 %, Tahun 2004 sebesar 13,6 % dan Tahun 2011 sebesar 13,1 %.

Hasil perhitungan luasan memperlihatkan bahwa dari Tahun 1997 ke Tahun 2004 untuk Pulau Langkai terjadi peningkatan luasan pada tiga kelas tutupan dasar perairan diantaranya kelas Karang Mati sebesar 55.800 m², kelas Pasir terjadi peningkatan luasan sebesar 86.400 m² dan pada kelas Lamun terjadi peningkatan luasan sebesar 33.300 m².

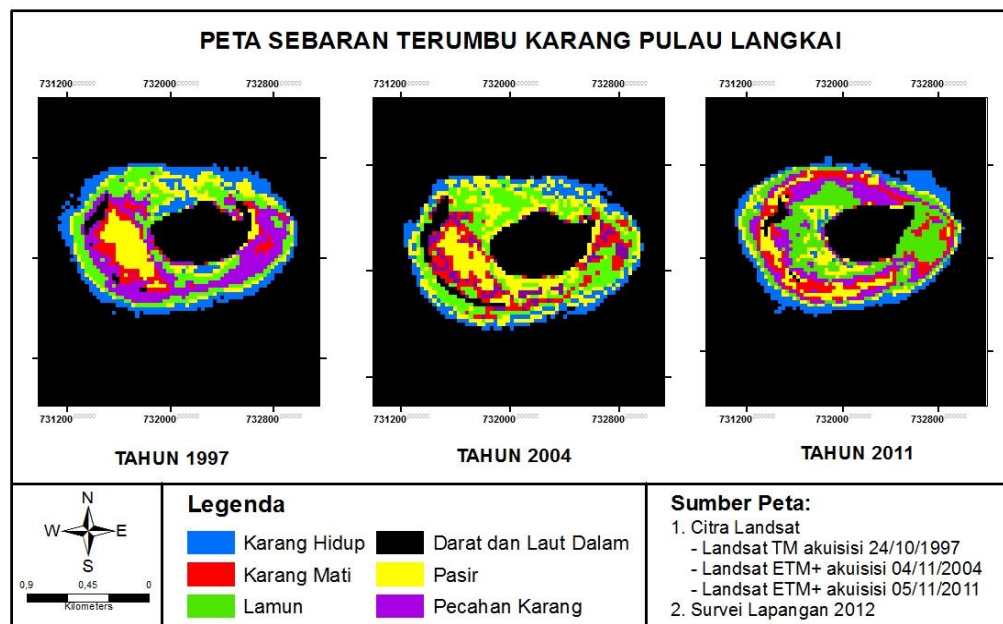
Peningkatan luas kelas tutupan karang mati tidak terlepas dari aktifitas pemboman dan penangkapan ikan dengan sianida di perairan sekitar Pulau Langkai. Menurut Jompa (2010), aktifitas ini telah merusak sebagian rata-rata terumbu karang. Demikian pula aktifitas labuh (*anchoring*) yang tidak teratur dan pembuangan limbah minyak dalam jangka yang panjang menjadi kontributor degradasi kualitas ekosistem.

Tabel 3. Uji ketelitian klasifikasi citra Pulau Langkai.

Survei Lapangan	Hasil Interpretasi					Jumlah (Xcr)	Omisi (Xo)	Ketelitian Keseluruhan Interpretasi (MA)
	Karang Hidup	Karang Mati	Pecahan Karang	Lamun	Pasir			
Karang Hidup	13		1			14	0	81%
Karang Mati		4	1			5	3	
Pecahan Karang		1	5			6	2	
Lamun				9		9	1	
Pasir					4	4	1	
Jumlah	13	5	7	9	4	38	7	
Komisi (Xco)			1	0	1	2		

Tabel 4. Perubahan luas komponen tutupan dasar perairan Pulau Langkai.

Tutupan	Luas Tutupan M2					
	1997		2004		2011	
	M2	%	M2	%	M2	%
Karang Hidup	324.000	22,6	144.900	18,2	269.100	16,6
Karang Mati	117.000	8,2	163.800	13,6	212.400	13,1
Pecahan Karang	351.900	24,5	505.800	8,2	331.200	20,4
Pasir	325.800	22,7	225.000	32,5	305.100	18,8
Lamun	315.000	22,0	338.400	27,5	504.900	31,1
Jumlah	1.433.700	100	1.377.900	100	1.622.700	100

**Gambar 4.** Peta perubahan tutupan karang.

Perubahan luasan dari Tahun 2004 ke Tahun 2011 terjadi pada semua kelas tutupan. Peningkatan luasan terjadi pada 4 kelas tutupan diantaranya kelas Karang Hidup sebesar 38.700 m², kelas Karang Mati sebesar 39.600 m², kelas Pecahan Karang sebesar 226.800 m², dan kelas Lamun sebesar 156.600 m². Penurunan luasan hanya terjadi pada kelas Pasir yakni sebesar 107.100 m².

Adanya peningkatan luasan tutupan karang hidup di perairan Pulau Langkai ini didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan Coremap II (2010) menjelaskan bahwa antara 2007 hingga 2008 tutupan karang hidup di Pulau Langkai mengalami

peningkatan khususnya pada kedalaman 3 m. *Coremap II* mengasumsikan bahwa areal terumbu karang di sekitar Pulau Langkai sedang dalam fase pertumbuhan dan rekrutmen.

Meningkatnya luas tutupan karang mati pada setiap tahun citra menunjukkan bahwa tingkat kerusakan karang masih terus berlangsung baik oleh akibat dari aktivitas manusia maupun mati secara alami sebagai akibat dari tingginya sedimentasi, sehingga karang mengalami stress akibat tekanan lingkungan yang cenderung mengeluarkan lendir, selanjutnya lendir tersebut menjadi biang pelekatan partikel sedimen.

Fenomena lain penyebab meningkatnya luas tutupan karang mati di perairan Pulau Langkai adalah pemutihan karang (*coral bleaching*). Pulau Langkai merupakan bagian dari Gugusan Spermonde tidak terlepas dari dampak fenomena *coral bleaching*. Fenomena ini memberikan bukti kuat efek pemutihan pada komunitas karang. Fenomena pemutihan karang yang terjadi antara Tahun 2009-2010 telah menyebabkan sekitar 70.000 ha karang di Kepulauan Spermonde mengalami pemutihan (Yusuf dan Jompa, 2012).

Data citra terklasifikasi tahun 1997, 2004 dan 2011 pada perairan Pulau Langkai memberikan gambaran bahwa secara umum perubahan luasan terjadi pada semua kelas dasar perairan. Kelas pada citra klasifikasi Tahun 1997, 2004 maupun 2011 tutupan dasar perairan Pulau Langkai ini lebih didominasi oleh kelas pasir dan kelas lamun. Fenomena lain yang terjadi pada citra hasil klasifikasi Pulau Langkai adalah berubahnya luasan perairan dangkal (kedalaman ≤ 10 meter) yang mampu ditembus oleh sensor satelit pada daerah penelitian.

Hasil luasan perairan dangkal (kedalaman ≤ 10 m) yang mampu ditembus oleh sensor satelit di Pulau Langkai pada Tahun 1997 adalah seluas 1.433.700 m², Tahun 2004 seluas 1.377.900 m² dan Tahun 2011 seluas 1.622.700 m². Dengan demikian dari Tahun 1997 ke Tahun 2004 terjadi penurunan 165.600 m² dan dari Tahun 2004 ke Tahun 2011 terjadi peningkatan luas perairan dangkal sebesar 354.600 m². Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dari Tahun 1997 hingga Tahun 2011 di Pulau Langkai terjadi peningkatan luas perairan dangkal.

Peningkatan maupun penurunan luasan daerah perairan dangkal melalui perhitungan luasan citra terklasifikasi tidak hanya disebabkan oleh terjadinya proses pertumbuhan dan perkembangan terumbu karang selama kurun waktu 15 tahun, mengingat rendahnya laju pertumbuhan dan perkembangan terumbu karang yang hanya berkisar 0,25 – 0,75 cm/th (karang masiv), 2-5 cm/th (*Acropora*) (Nuridin, *et al.*, 2013), tetapi peningkatan luasan tersebut dipengaruhi oleh kondisi oseanografi yang terjadi di perairan tersebut seperti fenomena pasang surut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penerapan algoritma dan pengamatan *in situ*, maka pemetaan tutupan dasar perairan Pulau Langkai menghasilkan 5 objek tutupan dasar dominan yakni: (1) kelas karang hidup, (2) kelas karang mati, (3) kelas pecahan

karang, (4) kelas lamun, dan (5) kelas pasir. Persentase perubahan luas tutupan karang hidup Pulau Langkai berdasarkan citra terklasifikasi yakni dari Tahun 1997 ke Tahun 2004 menunjukkan penurunan luas sebesar 24,27 % sedangkan dari Tahun 2004 ke Tahun 2011 menunjukkan peningkatan luasan sebesar 14,83 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin yang telah memberi dukungan dalam kegiatan penelitian ini serta kepada *United State Geology Survey* (USGS) yang menyediakan data citra yang dapat diunduh.

DAFTAR PUSTAKA

- Coremap II. (2010). *Laporan Akhir: Status Data Base Terumbu Karang Sulawesi Selatan*. Coremap II dan Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Selatan. CV. Wahana Bahari. Makassar.
- Jompa, J. (2010). *Kondisi Ekosistem Perairan Kepulauan Spermonde: Keterkaitannya dengan Pemanfaatan Sumberdaya Laut di Kepulauan*. Divisi Kelautan Pusat Kegiatan Penelitiann. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Kemen LH. (2001). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2011 tentang *Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup (Kemen LH). Jakarta.
- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. (1999). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6th Edition. John Wiley & Sons. New York.
- Lyzenga, R.D. (1978). Shallow Water Bathymetry Using Combined Lidar and Passive Multispectral Scanner Data. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 6 No.1
- Nuridin, N., T. Komatsu, C. Rani, G. Arafat and M. Akbar A.S. (2012a). Multispectral and Hyperspectral Response of Coastal Habitat: Study Case on the Spermonde Archipelago. *Proceeding of SPIE Asia Pasific Remote Sensing*. Kyoto. Japan.
- Nuridin, N., T. Komatsu, C. Rani, G. Arafat and A. Noer. (2012b). Hyperspectral Response: Key for Mapping Coral Rubber, Live and Dead Coral. *Journal of Shipping and Ocean Engineering*. 2(3).
- Nuridin, N., T. Komatsu and S. Baja. (2013). Hyperspectral Data and Multispectral Image to Detection of Healthy Coral on Spermonde Archipelago. *Proceedings of the 34th Asian Conference on Remote Sensing 2013*. Bali-Indonesia.
- Sutanto. (1999). *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta
- Yusuf, S. dan J. Jompa. (2012). *Indonesia First Quantitative Assessment of Coral Bleaching on Indonesian Reefs*. Center for Coral Reef Research. Hasanuddin University. Makassar.